

О. М. СІНЧУК, І. О. СІНЧУК

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДІАГНОСТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНІВ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІДЗЕМНИМИ ЗАЛІЗОРУДНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Гірничорудні підприємства являють собою зразок найбільш енергоємних видів підприємств, що впливає на загальний показник собівартості видобутку деяких видів корисних копалин. Запропонована методологія діагностики реальних рівнів споживання електроенергії на підприємствах з підземними способами видобутку залізної руди. Науковий підхід запропонований у статті щодо формування методологічних засад оцінки та діагностичного прогнозування споживання електроенергії дозволяє виділити систему принципів, яка має інноваційні елементи.

Ключові слова: визначення факторів впливу, електрична енергія, споживання, прогноз.

О. Н. СИНЧУК, И. О. СИНЧУК

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОДЗЕМНЫМИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Горнорудные предприятия представляют собой образец наиболее энергоёмких видов предприятий, что влияет на общий показатель себестоимости добычи некоторых видов полезных ископаемых. Предложенная методология диагностики реальных уровней потребления электроэнергии на предприятиях с подземными способами добычи железной руды. Научный подход предложен в статье по формированию методологических основ оценки и диагностического прогнозирования потребления электроэнергии позволяет выделить систему принципов, которая имеет инновационные элементы.

Ключевые слова: определение факторов влияния, электрическая энергия, потребление, прогноз.

O. N. SINCHUK, I. O. SINCHUK

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL SUBSTANCES OF DIAGNOSTIC PROGNOSIS OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION LEVELS OF UNDERGROUND IRON ORE ENTERPRISES

The article states that mining enterprises, including their subspecies – ore mining, represent an example of the most energy-intensive types of enterprises. The level of electricity efficiency of these types of enterprises – the main economic impact on the total cost of production of certain types of minerals. The methodology of diagnostics of real levels of electricity consumption at a number of mining enterprises of Ukraine with underground mining of iron ore (iron raw materials) is proposed. The analysis allowed to assess the parameters of the electric power industry of the iron ore enterprises as a whole and to allocate a line of the most energy-intensive consumers of electric energy. It is noted that existing methods of assessing the levels of electricity consumption of the analyzed types of enterprises do not meet the modern requirements, the purpose of which is a concrete forecast of the expected levels of electricity consumption, with the purpose of the current control of this process in the function of change of technological conditions for the extraction of iron ore raw materials. The scheme of solving the task is proposed: identification of the real state of electricity consumption; detecting changes in consumption levels in a spatial-temporal section; establishment of the main factors causing changes in energy consumption; accounting of levels of their influence on the process of electricity consumption. Forecast of consumption levels – system assessment of the effectiveness of management of levels of electricity consumption in the function of daily tariffs. The scientific approach proposed in the article on the formation of methodological principles of diagnostic forecasting of electricity consumption allows to identify a certain system of principles that has synergetic innovation elements.

Key words: determination of factors of influence, electric energy, consumption, forecast.

Вступ. Згідно з прогнозом [1] в Україні до 2030 р очікується тенденція щорічного зростання обсягів споживання електричної енергії в промисловій галузі. Цей ріст обумовлюється перш за все існуючими і прогнозними процесами в гірничорудній галузі.

В Україні товарна залізна руда – залізорудна сировина (ЗРС) добувається на 11-ти підземних підприємствах (шахтах, рудниках) та 6-ти гірничозбагачувальних комбінатах [2]. Більше 85 % вітчизняної ЗРС видобувається в криворізькому залізорудному басейні, де розробка залізних руд ведеться на протязі більш ніж 140 років [2]. В 2017 р. Видобуто 70 % ЗРС відносно базового 1990 р. Цього обсягу видобутку ЗРС достатньо і для стабільної роботи вітчизняних металургійних підприємств і для експортування цього виду корисних копалин. В 2017 р. році більше 60 % видобутку ЗРС спрямовано на експорт. Це значний вклад в стабілізацію валютних запасів держави.

Між тим, гірничо-металургійні підприємства являють собою приклад енергоємних підприємств [3-5].

Актуальність досліджень. В 2018 році гірничо-металургійна промисловість України спожила більш ніж 24 % від загальноспожитої в державі електричної енергії (ЕЕ). Зазначену кількість спожитої ЕЕ, по факту відомої політичної ситуації, реально вважати як ріст рівня її споживання цією галуззю відносно попередніх п'яти років. Зазначену тенденцію потенціального «росту», незважаючи на відповідні державні законодавчі акти, що декларують необхідність щорічного планового зменшення рівнів споживання ЕЕ промисловістю України, слід оцінювати як реальний негативний факт, оскільки енергоємність продукції вітчизняної гірничо-металургійної галузі щорічно зростає. Це об'єктивна реальність, котра сама по собі постає гострою проблемою як в економіці гірничометалургійної галузі зокрема, так і держави в цілому.

Така ситуація, коли проблеми промислової галузі домінуючи впливають, як на стан електроенергетики, так і на макроекономіку держави, диктує гостру та безапеляційну необхідність, підприємствам гірничо-металургійного комплексу самоорганізовуватись у вирішенні проблеми підвищення електроенергоєфективності, тобто зменшення електроенергоємності процесу видобутку ЗРС. Тобто, вектор вирішення цієї проблеми повинен бути спрямовано на самі підприємства, де, до речі, електроенергетика складає 80÷90 % від загальної енергетики.

Саме в розрізі такої перспективи гірничорудні підприємства дещо змінили своє ставлення до особистої електроенергетики [5]. Проте це скоріше псевдо-активні заходи, в основі своїй відносяться до контролю за рівнями енергоспоживання та «механічному» перерозподілу енергопотоків в годинах доби.

В сучасному форматі функціонування економіки гірничих підприємств таких заходів недостатньо. Для досягнення очікуваного рівня енергоєфективності необхідно не тільки і не скільки контролювати електроенергопотоків а, що головне, управляти цим процесом в функції технологічних параметрів видобутку ЗРС.

В свою чергу прийняття управлінських рішень, для досягнення достатнього рівня їх ефективності, повинно базуватись на відповідній теоретико-прогнозній базі. Нажаль вітчизняним підприємствам «рапортувати» про досягнення в цьому сегменті електроенергетики підприємств поки-що зарано. В цьому певна провина і наукового пошуку. Між тим, значні досягнення в аналізуючому аспекті, як в науковому пошуку так і в практичній його реалізації мають місце в ряді закордонних гірничих підприємств [6-12].

Мета досліджень. Аналіз методів діагностики, оцінювання і прогнозування рівнів споживання ЕЕ та розробка відповідних теоретико-методологічних засад для імплементації їх в практику отримання системуютьворюючих параметрів впливу на розподіл електроенергопотоків підземних залізрудних підприємств.

Виклад матеріалу та результати досліджень. В загально науковому розумінні сутність діагностики полягає у встановленні та вивченні ознак, вимірюванні основних характеристик, що відображають стан машин, приладів, технічних систем, економіки і фінансів суб'єкта прогнозування, для прогнозу можливих відхилень від стійких, середніх, стандартних значень і запобігання порушень нормального режиму роботи. Мета діагностики – підвищення ефективності роботи об'єкта на основі системного вивчення чинників впливу та узагальнення їх результатів.

Відповідно до означеного підходу можемо визначити основні складові теоретико-методологічних засад діагностики рівнів споживання електроспоживання, а саме: об'єкт, суб'єкт, принципи, завдання, функції, методи. Для дослідження діагностики рівнів споживання електроспоживання можемо зазначити:

Об'єкт – процеси споживання ЕЕ на залізрудних підприємствах Криворізького регіону.

Суб'єкти – аналітики, управлінці, які приймають рішення відповідно ефективності споживання ЕЕ.

Принципи: системної оцінки – оцінка результатів щодо ефективності ЕЕ суб'єкта управління повинна носити системний характер з метою з'ясування не лише поточних результатів споживання ЕЕ, але і здійснення прогнозу; причинно-наслідкового зв'язку – діагностика рівнів споживання електроспоживання залізрудного підприємства має виявляти фактори, які здійснюють позитивний та негативний впливи на результативність ЕЕ, з метою посилення факторів позитивної дії та нівелювання негативного впливу, а також встановлення кореляційних зв'язків між ними; достовірності інформаційного забезпечення – здійснення діагностики рівнів споживання електроспоживання залізрудного підприємства має спиратись на об'єктивну та повну інформаційну базу, яка в повному обсязі та адекватно відображає стан ЕЕ; наукового обґрунтування – методичні та методологічні підходи до реалізації діагностики рівнів споживання електроспоживання залізрудного підприємства мають перебувати в науковій площині та спиратись на їх новітні розробки; безперервної реалізації – процес побудови діагностики рівнів споживання електроспоживання має бути побудований на безперервній основі з метою унеможливлення погіршення результативності його проведення та необ'єктивності отриманих результатів; результативності – під час проведення діагностики рівнів споживання електроспоживання залізрудного підприємства доцільно здійснювати моніторинг цінності отриманих результатів з витратами на його проведення; галузевої приналежності – моніторинг діагностики рівнів споживання електроспоживання залізрудного підприємства має виявляти не лише особливості його внутрішнього функціонування, але і враховувати специфічні умови розвитку регіону, а також галузеву приналежність; цільового спрямування – методологічні підходи до здійснення діагностики рівнів споживання електроспоживання залізрудного підприємства мають забезпечувати не лише загальну оцінку електро-споживання по залізрудним підприємствам та виокремлення відповідних напрямів, але і передбачати можливість проведення цільового аналізу окремих аспектів ефективності споживання ЕЕ.

Відповідно до завдань діагностики рівнів споживання електроспоживання, то слід зазначити наступне: системне оцінювання результативності ефективного управління споживанням ЕЕ за кілька періодів; ідентифікація реального стану споживання ЕЕ; виявлення змін у споживання ЕЕ в просторово-часовому розрізі; установлення основних чинників, що викликали зміни в споживанні ЕЕ, облік їх впливу; прогноз основних тенденцій.

Функції: захисна – пояснюється тим, що юридичні та фізичні особи, що відповідають за прийняття управлінських рішень змушені шукати засоби і форми захисту від небажаної можливості реалізації ризику; стимулююча – має суперечливий характер і може виступати у двох формах – конструктивній і деструктивній.

Конструктивна регулятивна функція ризику полягає в дослідженні джерел ризику при проектуванні

операцій і систем, форм угод, що виключають або знижують можливі наслідки ризику як негативного відхилення. Деструктивна регулятивна функція ризику виявляється в тому, що реалізація рішень з недослідженням або необґрунтованим ризиком може призводити до реалізації управлінських рішень, які відносять до авантюризм; компенсаційна забезпечує компенсаційний результат (позитивну компенсацію) – додатковий прибуток у разі сприятливого результату щодо ефективних управлінських рішень зі споживання ЕЕ.

Методи діагностики рівнів споживання електроенергії використовуються з метою можливості практичного застосування результатів. Відповідно до цього зазначимо, що ми пропонуємо наступні методи: моніторинг (детальний, систематичний аналіз змін); формалізовані методи; кон'юнктурний; методи дослідження операцій і ухвалення рішень.

Виділені нами теоретико-методологічні засади стали підґрунтям для проведення діагностики рівнів споживання електроенергії як в теоретичному плані так і в практичному застосуванні.

Більшість кількісних методів прогнозування базується на використанні історичної інформації, представленої у вигляді часових рядів, тобто рядів динаміки, які впорядковуються за часовою ознакою. Головна ідея аналізу часових рядів полягає у побудові тренду на основі минулих даних і наступному екстраполяванні цієї лінії у майбутнє. Для здійснення розрахунків, пов'язаних з аналізом часових рядів, звичайно використовуються спеціальні комп'ютерні програми. Перевага цього методу полягає у тому, що він базується на чомусь іншому, ніж думка експерта, а саме на цифрових даних. Аналіз часових рядів доцільно використовувати тоді, коли в наявності є достатній обсяг «історичної» інформації, а зовнішнє середовище досить стабільне. Недоліком можна вважати те, що головне припущення, яке приймається при застосуванні аналізу часових рядів, може бути помилковим – майбутнє насправді може бути несхожим на минуле.

До кількісних методів прогнозування належать дві великі підгрупи методів: екстраполяції і моделювання. Методи екстраполяції – це прийоми найменших квадратів, рухомих середніх, експоненційного згладжування. До методів моделювання належать прийоми структурного, сітьового і матричного моделювання.

Під час формування прогнозів з допомогою екстраполяції звичайно спираються на статистично обґрунтовані тенденції зміни тих чи інших кількісних характеристик об'єкта. Екстраполяційні методи є одними з найбільш розповсюджених і розроблених серед усіх способів економічного прогнозування.

Першим елементом успішного прогнозування є вибір часового ряду. При цьому потрібно керуватися наступними правилами:

- часовий ряд включає результати спостережень, починаючи від першого і до останнього;
- усі часові проміжки між елементами часового ряду повинні мати однакову тривалість – не варто включати в один ряд дані за декади і місяці;

– спостереження фіксуються в один і той самий момент кожного часового періоду, формуючи часовий ряд на основі щотижневих результатів, потрібно фіксувати дані в певний день тижня;

– пропуск даних в часовому ряді неприпустимий.

Основа методу екстраполяції полягає в тому, що кожен новий прогноз отримується шляхом зсування попереднього прогнозу в напрямку, який би давав кращі результати порівняно зі старим прогнозом. Екстраполяція дає позитивні результати максимум на 5-7 років. Для стратегічного прогнозу корисними є також методи прогнозування з допомогою регресійного аналізу [13-15]. Регресійний аналіз є відносно дорогим, але комплексним і надійним прийомом.

Для знаходження параметрів приблизних залежностей між двома або декількома прогнозованими величинами за їх емпіричними значеннями найчастіше застосовується метод найменших квадратів.

Потрібно враховувати, що різні тенденції можуть мати взаємний вплив, або інакше кажучи, можуть бути тенденції, «приховані» в інших тенденціях. Отже, аналіз існуючих методів і методик щодо визначення прогнозу оцінювання рівнів електроенергії, застосовуємо методику експоненціального згладжування та регресійного аналізу.

Розглянемо розрахункові формули:

$$\hat{y} = a_0 + a_1 t. \quad (1)$$

Експоненціальні середні розраховуються за формулами:

$$\begin{aligned} S_t^1(y) &= a y_t + (1-a) S_{t-1}^1(y), \\ S_t^2(y) &= a y_t + (1-a) S_{t-1}^2(y). \end{aligned} \quad (2)$$

Оскільки згідно з формулами (2) неможливо розрахувати S_t^1 при $t = 1$, то для 1-го елемента, тобто $t = 1$, визначаються початкові умови за формулами:

$$\begin{aligned} S_t^1(y) &= a_0 - \frac{1-a}{a} a_1, \\ S_t^2(y) &= a_0 - \frac{2(1-a)}{a} a_1. \end{aligned} \quad (3)$$

В формулах (3) a_0 і a_1 відповідають коефіцієнтам рівняння часового тренду, що був одержаний методом найменших квадратів.

Щоб виразити коефіцієнти рівнянь тренду (3) через експоненціальні середні, використовується система рівнянь, що пов'язує оцінки коефіцієнтів a_0 і a_1 з названими експоненціальними середніми:

$$\begin{aligned} S_t^1(y) &= \hat{a}_0 - \frac{1-a}{a} \hat{a}_1, \\ S_t^2(y) &= \hat{a}_0 - \frac{2(1-a)}{a} \hat{a}_1. \end{aligned} \quad (4)$$

Реалізувавши систему рівнянь відносно a_0 і a_1 , отримаємо:

$$\begin{aligned} \hat{a}_0 &= 2 S_t^1(y) - 2 S_t^2(y), \\ \hat{a}_1 &\approx \frac{a}{1-a} (S_t^1(y) - S_t^2(y)). \end{aligned} \quad (5)$$

Прогноз розраховується за формулою:

$$\hat{y}_{t+p} = \hat{a}_0 + p \hat{a}_1, \quad (6)$$

де p – величина горизонту прогнозу.

Інтервал довіри визначається таким чином: для «передісторії»

$$\hat{y}_t^e = \hat{y}_t \pm \Delta t, \quad (7)$$

де \hat{y}_t^e – інтервал довіри, верхній(нижній) в t -ому періоді;

\hat{y}_t – розрахункове значення показника в t -ому періоді;

$$\Delta t = t_{\tau} D_{06} \sqrt{\frac{(t-\bar{t})^2}{k \left(\frac{\sum t^2}{k} - \bar{t}^2 \right)} + \frac{1}{k}}, \quad (8)$$

де t_{τ} – табличне значення t -критерію Ст'юдента.

$$D_{06} = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \bar{y}_t)^2}{k-2}}, \quad (9)$$

$$\bar{t} = \left(\sum t \right) / k. \quad (10)$$

Для даних (табл. 1) розрахуємо прогнозні рівні електроспоживання.

Таблиця 1 – Рівні споживання електричної енергії шахтами ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат»

Рік	Шахта Жовтнева	Шахта Родіна	Шахта Гвардійська	Шахта Тернівська
2012	46546,22	70501,87	44219,22	42102,22
2013	42977,31	68458,16	41181,33	41229,13
2014	41829,29	68037,22	43544,69	42161,45
2015	41783,45	44678,34	42983,44	69874,32
2016	42678,32	43784,35	43784,32	71673,54
2017	43673,34	45672,34	47673,55	70432,56

Для ш. Жовтнева – постійне зниження споживання електричної енергії до 2025 р. Визначні довірчі інтервали прогнозу (рис. 1). Аналітичний аналіз надано в табл. 2.

Для ш. Родіна до 2025 р прогноз зростання рівнів споживання електричної енергії майже удвічі (рис. 2)

Для ш. Гвардійська – прогноз зростання рівнів споживання електричної енергії до 2025 р. (рис. 3). Аналітичний аналіз отриманих значень прогнозу споживання електричної енергії ш. Гвардійська відповідно до довірчих інтервалів надано в табл. 4. Для ш. Тернівська – незначне підвищення прогнозних значень рівнів споживання електричної енергії (рис. 4). Аналітичний аналіз отриманих значень прогнозу споживання електричної енергії ш. Тернівська відповідно до довірчих інтервалів – в табл. 5.

Проведені дослідження прогнозних значень рівнів споживання ЕЕ призводять до висновку щодо підвищення рівнів споживання ЕЕ для ш. Гвардійська, Тернівська, Родіна. Значне підвищення рівнів ЕЕ відмічене для ш. Родіна. Характерним зниженням прогнозних значень рівнів ЕЕ відповідає ш. Жовтнева.

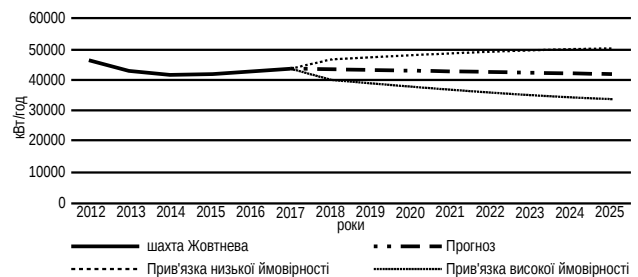


Рисунок 1 – Прогнозні значення рівнів споживання електричної енергії для ш. Жовтнева

Таблиця 2 – Аналітичні показники прогнозних значень рівнів споживання електричної енергії ш. Жовтнева

Часова шкала	Шахта Жовтнева	Прогноз	Прив'язка ймовірності	
			низька	висока
2012	46546,222			
2013	42977,306			
2014	41829,29			
2015	41783,45			
2016	42678,32			
2017	43673,34	43673,34	43673,34	43673,34
2018		43339,02151	40146,74	46531,30
2019		43135,70551	38838,80	47432,61
2020		42932,38951	37759,91	48104,87
2021		42729,07351	36807,58	48650,57
2022		42525,75751	35938,49	49113,02
2023		42322,44152	35129,50	49515,39
2024		42119,12552	34366,49	49871,76
2025		41915,80952	33640,15	50191,47

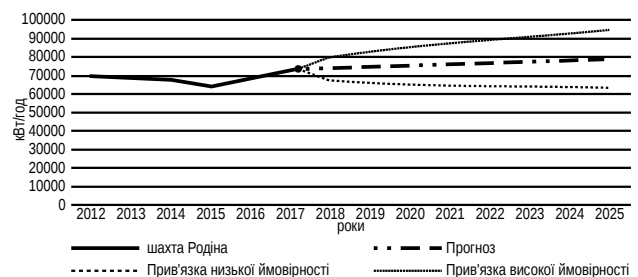


Рисунок 2 – Прогнозні значення рівнів споживання електричної енергії для ш. Родіна

Таблиця 3 – Аналітичні показники прогнозних значень рівнів споживання електричної енергії ш. Родіна

Часова шкала	Шахта Родіна	Прогноз	Прив'язка ймовірності	
			низька	висока
2012	70501,87			
2013	68458,157			
2014	68037,221			
2015	69874,32			
2016	71673,54			
2017	70432,56	70432,56	70432,56	70432,56
2018		71392,64281	68378,33	74406,95
2019		71864,20463	68492,75	75235,65
2020		72335,76645	68640,31	76031,22
2021		72807,32827	68812,93	76801,73
2022		73278,89009	69005,34	77552,44
2023		73750,45191	69213,89	78287,02
2024		74222,01373	69435,91	79008,12
2025		74693,57555	69669,40	79717,75

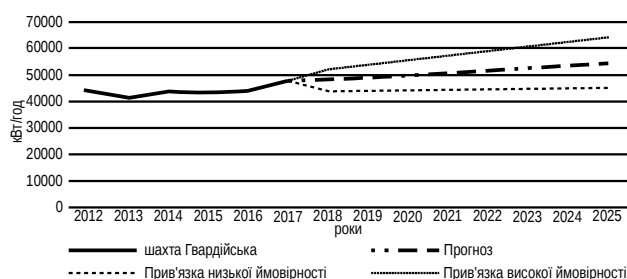


Рисунок 3 – Прогнозні значення рівнів споживання електричної енергії для ш. Гвардійська

Таблиця 4 – Аналітичні показники прогнозних значень рівнів споживання електричної енергії ш. Гвардійська

Часова шкала	Шахта Гвардійська	Прогноз	Прив'язка ймовірності	
			низька	висока
2012	44219,223			
2013	41181,327			
2014	43544,686			
2015	42983,44			
2016	43784,32			
2017	47673,55	47673,55	47673,55	47673,55
2018		47879,40218	43788,85	51969,95
2019		48799,57243	43683,93	53915,22
2020		49719,74269	43750,47	55689,01
2021		50639,91294	43922,79	57357,04
2022		51560,0832	44168,70	58951,46
2023		52480,25345	44469,60	60490,90
2024		53400,4237	44813,58	61987,26
2025		54320,59396	45192,48	63448,71

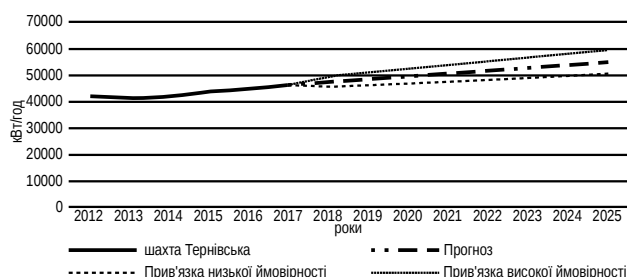


Рисунок 4 – Прогнозні значення рівнів споживання електричної енергії для ш. Тернівська

Аналітичні висновки є підґрунтям для подальшого більш детального аналізу: побудови регресійних рівнянь складових ЕЕ – електробалансу. Відповідно до концептуальних положень щодо управлінських процесів споживання електроенергії на підприємствах залізничної промисловості, проводився моніторинг рівнів електроспоживання. За цими даними побудовані графіки і проведений візуальний аналіз складових електробалансу (рис. 5÷8). Так, рис. 5 – споживання електроенергії ДСФ засвідчує найбільший рівень електроспоживання відмічений на ш. Тернівській у період 1.09÷1.11.2014. В цей період спостерігається суттєве збільшення і для ш. Жовтнева. Період найменшого споживання – 1.05÷1.07.2017. Споживання електроенергії ДСФ для шахт Гвардійська, Жовтнева, Родіна в період 1.01.2015÷1.09.2017 характеризується відносною стабільністю на відміну від ш. Тернівської.

Таблиця 5 – Аналітичні показники прогнозних значень рівнів споживання електричної енергії ш. Тернівська

Часова шкала	Шахта Тернівська	Прогноз	Прив'язка ймовірності	
			низька	висока
2012	42102,22			
2013	41229,128			
2014	42161,45			
2015	44678,34			
2016	43784,35			
2017	45672,34	45672,34	45672,34	45672,34
2018		46527,22513	44435,90	48618,55
2019		47413,84512	45257,65	49570,04
2020		48300,46512	46080,80	50520,13
2021		49187,08511	46905,23	51468,94
2022		50073,70511	47730,84	52416,57
2023		50960,3251	48557,53	53363,12
2024		51846,94509	49385,23	54308,66
2025		52733,56509	50213,86	55253,27

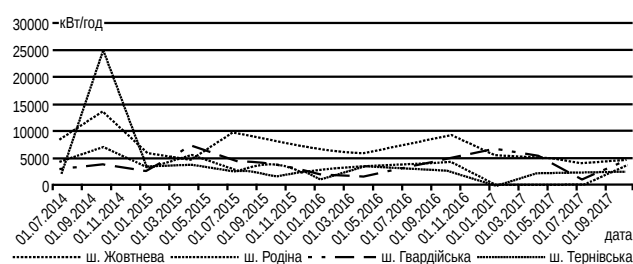


Рисунок 5 – Споживання електроенергії дробильно-сортувальною фабрикою для підземних гірничорудних підприємств Криворізького регіону

На рис. 6 відображено споживання електроенергії пристроями відливу. На відміну від споживання електроенергії складовими ДСФ, рівні споживання електроенергії ними мають значно більше значення. Для ш. Родіна відповідають періоду 1.07÷1.09.2014, та 1.07÷1.09.2017. Взагалі, споживання електроенергії пристроями відливу для ш. Родіна характеризується значною нерівномірністю, що може свідчити про технічні проблеми роботи пристроїв.

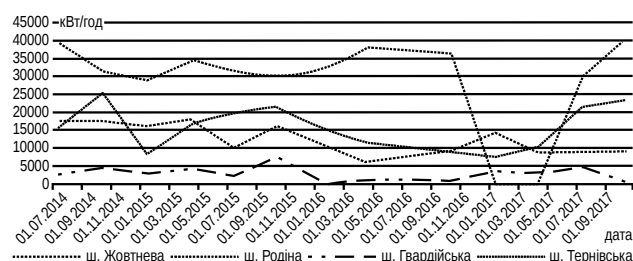


Рисунок 6 – Споживання електроенергії для водовідливних складових підземних гірничих підприємств Криворізького регіону

Для ш. Жовтнева, Гвардійська, Тернівська споживання електроенергії можна охарактеризувати як відносно стабільне. Найменше споживання електроенергії зафіксовано для ш. Гвардійська.

Рис. 7 відповідає опису споживання електроенергії вентиляційними пристроями для залізничних підприємств Криворізького регіону.

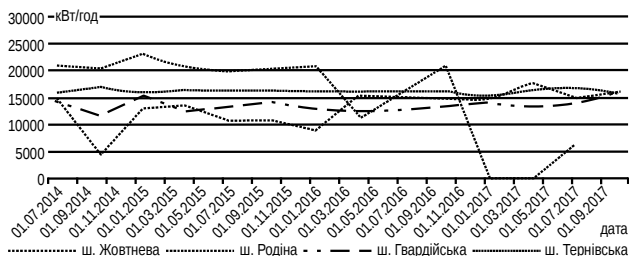


Рисунок 7 – Споживання електроенергії для вентиляційних пристроїв підземних гірничих підприємств Криворізького регіону

Проблематичним можемо вважати споживання електроенергії вентиляційними пристроями для ш. Родіна, що характеризується значним коливанням. Найвищі значення зафіксовано в період 1.09.2014 ÷ 1.03.2015. Відносно стабільними вважається споживання електроенергії вентиляційними пристроями ш. Леніна. Найнижчі значення споживання електроенергії вентиляційними пристроями зафіксовано для ш. Жовтнева в період 1.09 ÷ 1.11.14. Візуальний аналіз споживання електроенергії пристроями скіпових підйомних установок (СкПУ) проводимо відповідно до рис.8. Вирізняються ш. Тернівська і Родіна, з найнижчими значеннями споживання електроенергії пристроями СкПУ в період 1.01 ÷ 1.03.2017. Загальна характеристика споживання електроенергії пристроями СкПУ для підприємств Криворізького регіону – відносно нестабільна.

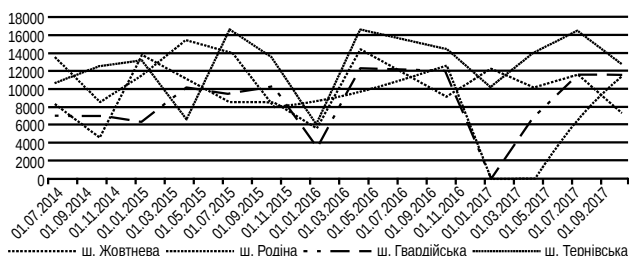


Рисунок 8 – Споживання електроенергії для пристроїв скіпових підйомних установок підземних гірничих підприємств Криворізького регіону

Отже, можна стверджувати, що для ш. Родіна вважається проблематичним період 1.01 ÷ 1.03.2017 – відсутнє електроспоживання для всіх пристроїв, що аналізуються. Найбільше споживають електроенергії пристрої водовідливу, найменше – пристрої ДСФ.

Побудова регресійних моделей дозволить провести більш детально дослідити діагностичні складові рівнів споживання ЕЕ. Отримані багатофакторні регресійні моделі надані в табл. 6.

Аналітичні позитивні властивості регресійних моделей полягають в тому, що, по-перше, точно визначається фактор, за яким виявляються резерви підвищення результативності управління електроспоживанням; по-друге, виявляються об'єкти з більш високим рівнем ефективності; по-третє, виникає можливість кількісно виміряти економічний ефект від впровадження передового досвіду, проведення організаційно-технічних заходів.

Таблиця 6 – Багатофакторні моделі підземних залізрудних підприємств Криворізького регіону

№	Шахта	Багатофакторне регресійне рівняння	R ²
1	Жовтнева	$Y=60421+0,37x_1-0,9x_2-0,35x_3-0,66x_4$	0,59
2	Гвардійська	$Y=134472,1-0,14x_1-0,21x_2-2,01x_4$	0,29
3	Родіна	$Y=61237,34+0,45x_1+0,01x_2+0,17x_3-0,49x_4$	0,87
4	Тернівська	$Y=10719-0,21x_1+2,35x_2+0,18x_3-2,32x_4$	0,84

де значення рівнів споживання ЕЕ для: x_1 – СкПУ; x_2 – вентиляції; x_3 – водовідведення; x_4 – ДСФ.

Інтерпретація моделей регресії здійснюється методами тієї галузі знань, до якої відносяться досліджувані явища. Але будь-яка інтерпретація починається зі статистичної оцінки рівняння регресії в цілому і оцінки значущості входять в модель факторних ознак, тобто зі з'ясування, як вони впливають на величину результативної ознаки. Чим більше величина коефіцієнта регресії, тим значніше вплив даної ознаки на модельований. Особливе значення при цьому має знак перед коефіцієнтом регресії, який говорить про характер впливу на результативну ознаку. Якщо факторна ознака має знак плюс, то зі збільшенням даного чинника результативна ознака зростає, якщо факторна ознака має знак мінус, то з його збільшенням результативна ознака зменшується. Коефіцієнти регресії показують інтенсивність впливу факторів на результативний показник. Тобто, коефіцієнти регресії характеризують ступінь значущості окремих факторів для підвищення рівня результативного показника. Конкретні значення коефіцієнтів регресії визначають за емпіричними даними згідно з методом найменших квадратів.

Висновки. Відповідно до означених теоретичних відомостей, можемо дійти до таких висновків. Для ш. Жовтнева найбільший позитивний вплив на загальне споживання ЕЕ мають значення рівнів споживання ЕЕ для СкПУ, тобто збільшення споживання ЕЕ відповідає збільшенню загального ЕЕ. Негативний вплив відзначається факторами впливу для вентиляції, водовідведення, ДСФ. Коефіцієнт детермінації становить 0,59 – це свідчить про можливість практичного застосування при вирішенні управлінських задач щодо ефективності споживання ЕЕ. Для ш. Родіна позитивний вплив мають значення рівнів споживання ЕЕ для СкПУ, значення рівнів споживання ЕЕ для вентиляції, значення рівнів споживання ЕЕ для водовідведення. Негативний вплив відзначається для рівнів споживання ДСФ. Коефіцієнт детермінації становить 0,87, що свідчить про вірно відібрані фактори для оцінювання впливу на загальне споживання ЕЕ по шахті та може бути рекомендовано для практичного застосування.

Для ш. Тернівська, відмічено позитивний вплив рівнів електроспоживання на загальне споживання ЕЕ факторів вентиляції, водовідведення. Відповідно негативний вплив стосується факторів рівнів споживання ЕЕ для СкПУ, для ДСФ. Коефіцієнт детермінації становить 0,84 – рекомендовано для практики управлінських рішень щодо ефективності споживання ЕЕ. Аналіз регресійної моделі для ш. Гвардійська, свідчить про неможливість практичного застосування ре-

зультатів моделювання (коефіцієнт детермінації становить 0,29). Слід зауважити, що в моделі не відображений фактор впливу рівнів споживання для водовідведення. Є очевидним, що по-перше статистична інформація щодо рівнів споживання складових для ш. Гвардійська є недостатньою; по-друге специфічні технологічні процеси, що відбуваються на ш. Гвардійська потребують перевірки складових факторів впливу.

В цілому для всіх підприємств, які аналізувались, характерним є негативний вплив на загальне споживання ЕЕ, факторів, які характеризують складову ДСФ.

Таким чином, науковий підхід щодо дослідження діагностичного прогнозування рівнів електроспоживання створює підґрунтя для формування системних синергетичних інноваційних принципів.

Запропонована система методів і методик є основою інформаційно-аналітичної бази щодо подальших досліджень та імплементації отриманих результатів в практику гірничих підприємств задля забезпечення ефективного управління електроспоживанням.

Список літератури

1. Стогній Б. С., Кириленко О. В., Праховник А. В., Денисюк С. П. та ін. *Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року*. Київ: ІЕД НАН України, 2011. 275 с.
2. Бабєць Є. С., Мельникова І. Є., Гребенюк С. Я., Лобов С. П. *Дослідження техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств України та ефективності їх роботи в умовах змінної кон'юнктури світового ринку залізничної сировини: монографія*. Кривий Ріг: НДГРІ ДВНЗ «КНУ», Р. Козлов, 2015. 391 с.
3. Sinchuk O. M., Boiko S. M., Karamanyts F. I., Kozakevych I. A. Baranovska M. L., Yalova A. M. *Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises electricity supply systems*. Poland: IsIENCT, 2018. 77 p.
4. Праховник А. В., Розен В. П., Дегтярев В. В. *Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий*. Москва: Недра, 1986. 232 с.
5. Sinchuk I. Harmonization of modeling systems for assessing the electric-power consumption levels at mining enterprises. *Mining of Mineral Deposits*. 2018. Vol. 12, issue. 4. pp. 100–107.
6. Alexandra von Meier. *Electric power systems: a conceptual introduction*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 306 p.
7. Jiang S., Lian M., Lu C., Ma Q. Optimization research of mine production energy control system based on synergy theory. *Paper Asia*. 2018. Vol. 3. pp. 48–52.
8. Nel A. J. H., Vosloo J. C., Mathews M. J. Financial model for energy efficiency projects in the mining industry. *Energy*. 2018. Vol. 163. pp. 546–554.
9. Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg. *Power Generation and Control*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 620 p.
10. Steven W. Blume. *Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2017. 231 p.
11. Middelberg A., Zhang JF, Xia Xiaohua. An optimal control model for load shifting – With application in the energy management of a colliery. *Applied energy*. 2009, vol. 86, issue 7–8. pp. 1266–1273.
12. Ashok S. Peak-load management in steel plants. *Applied energy*. 2006, vol. 83, issue 5. p.p. 413–424.
13. Тимченко В. Ф., Ежилов В. Х. Интервальный однофакторный метод краткосрочного прогнозирования суточного потребления электроэнергии энергосистем. *Электричество*. Москва: Энергия. 1976, № 2. С. 10–15.
14. Фокин Ю.А. *Вероятностно-статистические методы в расчетах систем электроснабжения*. Москва: Энергоатомиздат, 1985. 240 с.
15. Кокшаров В. А. *Управление энергопотреблением промышленного предприятия*. Екатеринбург: УрГУПС, 2015. 170 с.

References (transliterated)

1. Stohnii B. S., Kyrylenko O. V., Prakhovnyk A. V., Denysyuk S. P. ta in. *Osnovni parametry enerhozabezpechennia natsionalnoi ekonomiky na period do 2020 roku* [The main parameters of energy efficiency in the national economy for the period up to 2020]. Kyiv: IED NAN Ukraine, 2011. 275 p.
2. Babets Ye. S., Melnykova I. Ye., Hrebeniuk S. Ya., Lobov S. P. *Doslidzhennia tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv hirniodobuvnykh pidpriemstv Ukrainy ta efektyvnosti yikh roboty v umovakh zminnoi koniunktury svitovoho rynku zalizorudnoi syrovyny: monohrafiia* [Study of technical and economic indicators of mining enterprises in Ukraine and their effectiveness in the context of the changing situation on the world market for iron ore]. Kryvyi Rih: NDHRI DVNZ «KNU»: R. Kozlov, 2015. 391 p.
3. Sinchuk O. M., Boiko S. M., Karamanyts F. I., Kozakevych I. A. Baranovska M. L., Yalova A. M. *Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises electricity supply systems*. Poland: IsIENCT, 2018. 77 p.
4. Prakhovnik A. V., Rozen V. P., Degtyarev V. V. *Energosberigayushchie rezhimy elektrosnabzheniya gornodobyvayushchih predpriyatij* [Energy saving modes of power supply of mining enterprises]. Moskva: Nedra, 1986. 232 p.
5. Sinchuk I. Harmonization of modeling systems for assessing the electric-power consumption levels at mining enterprises, *Mining of Mineral Deposits*. 2018. vol. 12, issue. 4. pp. 100–107.
6. Alexandra von Meier. *Electric power systems: a conceptual introduction*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 306 p.
7. Jiang S., Lian M., Lu C., Ma Q. Optimization research of mine production energy control system based on synergy theory. *Paper Asia*, 2018, vol. 3. pp. 48–52.
8. Nel A. J. H., Vosloo J. C., Mathews M.J. Financial model for energy efficiency projects in the mining industry. *Energy*, 2018, vol. 163. pp. 546–554.
9. Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg. *Power Generation and Control*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 620 p.
10. Steven W. Blume. *Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2017. 231 p.
11. Middelberg A., Zhang JF, Xia Xiaohua. An optimal control model for load shifting – With application in the energy management of a colliery. *Applied energy*. 2009, vol. 86, issue 7–8. pp. 1266–1273.
12. Ashok S. Peak-load management in steel plants. *Applied energy*. 2006, vol. 83, issue 5. p.p. 413–424.
13. Timchenko V. F., Ezhilov V. H. *Interval'nyy odnofaktornyj metod kratkosrochnogo prognozirovaniya sutochnogo potrebleniya eletroenergii energosistem* [Interval one-factor method of short-term forecasting of daily electricity consumption of power systems]. *Elektrichestvo* [Electricity]. Moskva: Energiya. 1976, № 2. pp. 10–15.
14. Fokin YU. A. *Veroyatnostno-statisticheskie metody v raschetah sistem elektrosnabzheniya* [Probabilistic-statistical methods in the calculation of power supply systems]. Moskva: Energoatomizdat, 1985. 240 p.
15. Koksharov V. A. *Upravlenie energopotrebleniem promyshlennogo predpriyatiya* [Energy Management Industrial Enterprise]. Ekaterenburg: UrGUPS, 2015. 170 p.

Надійшла 24.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сінчук Олег Миколайович (Синчук Олег Николаевич, Sinchuk Oleg Nikolaevich) – доктор технічних наук, професор, Криворізький національний університет, завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті; м. Кривий Ріг, Україна; e-mail: speet@ukr.net

Сінчук Ігор Олегович (Синчук Игорь Олегович, Sinchuk Igor Olegovich) – кандидат технічних наук, доцент, Криворізький національний університет, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті; м. Кривий Ріг, Україна; e-mail: speet@ukr.net